



10-26-89
P.B.

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re the Application of:

Group Art Unit: 2814

MIZUHARA et al.

Examiner:

Serial No.: 09/037,674 JUL 0 6 1998

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT
AND CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY

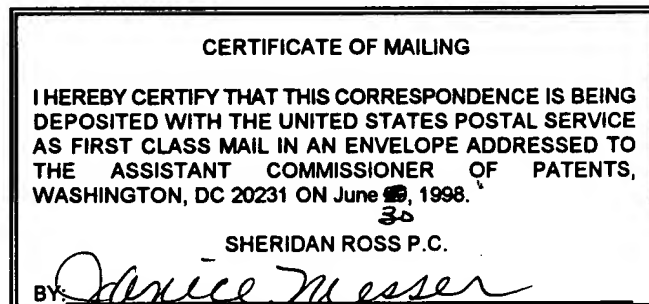
Filed: March 9, 1998

Atty. File No.: 2933SE-11-CIP-2

For: "SEMICONDUCTOR DEVICES
PASSIVATION FILM"

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:



Enclosed is a certified copy of Japanese Patent Application Serial No. 9-063405 filed March 17, 1997, to support the previous claim of foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 in connection with the above-identified application.

Respectfully submitted,

SHERIDAN ROSS P.C.

By:

Douglas W. Swartz
Douglas W. Swartz
Registration No. 37,739
1700 Lincoln Street, Suite 3500
Denver, Colorado 80203
(303) 863-9700

Date:

June 30, 1998

RECEIVED

JUL 17 1998

GROUP 2100

RECEIVED

JUL 16 1998

GROUP 2100



日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1997年 3月17日

出 願 番 号

Application Number:

平成 9年特許願第063405号

出 願 人

Applicant (s):

三洋電機株式会社

RECEIVED

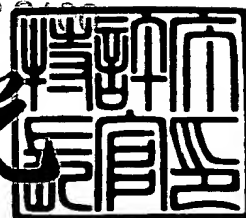
JUL 16 1998

1997年11月14日

GROUP 1/100

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

荒井 寿光



出証番号 出証特平09-3092536

【書類名】 特許願

【整理番号】 NB97-2027

【提出日】 平成 9年 3月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/318

【発明の名称】 半導体装置及び半導体装置の製造方法

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

【氏名】 水原 秀樹

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

【氏名】 渡辺 裕之

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

【氏名】 実沢 佳居

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

【氏名】 平瀬 征基

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
三洋電機株式会社内

【氏名】 青江 弘行

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

三洋電機株式会社内

【氏名】 井上 恭典

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

三洋電機株式会社内

【氏名】 斉藤 公英

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

三洋電機株式会社内

【氏名】 石原 宏康

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代表者】 高野 泰明

【代理人】

【識別番号】 100076794

【弁理士】

【氏名又は名称】 安富 耕二

【連絡先】 電話 03-5684-3268 知的財産部駐在

【選任した代理人】

【識別番号】 100107906

【弁理士】

【氏名又は名称】 須藤 克彦

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成 8年特許願第 63246号

【出願日】 平成 8年 3月19日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013033

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004598

【包括委任状番号】 9601501

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 パッシベーション膜が、不純物を含有した第1の絶縁膜のみからなることを特徴とした半導体装置。

【請求項2】 前記第1の絶縁膜として、炭素を1%以上含むシリコン酸化膜材料を用いたことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】 前記第1の絶縁膜として、無機SOGを用いたことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項4】 パッシベーション膜が、炭素を1%以上含むシリコン酸化膜材料からなり且つ不純物を含有した第1の絶縁膜と、この第1の絶縁膜の上層及び下層の少なくとも一方に形成された第2の絶縁膜との積層構造を有することを特徴とした半導体装置。

【請求項5】 パッシベーション膜が、無機SOGからなり且つ不純物を含有した第1の絶縁膜と、この第1の絶縁膜の上層及び下層の少なくとも一方に形成された第2の絶縁膜との積層構造を有することを特徴とした半導体装置。

【請求項6】 前記第2の絶縁膜は、前記第1の絶縁膜よりも吸湿性の低い膜からなることを特徴とした請求項4又は5に記載の半導体装置。

【請求項7】 前記第2の絶縁膜は、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜、シリコン酸窒化膜からなるグループより選ばれた少なくとも1つの材料を含むことを特徴とした請求項4又は5に記載の半導体装置。

【請求項8】 前記不純物は、アルゴン、ボロン、窒素、リンからなるグループより選ばれた少なくとも1つの元素を含むことを特徴とした請求項1乃至7のいずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項9】 半導体基板上に配線を形成する工程と、
前記配線の上に、配線を絶縁保護するパッシベーション膜の少なくとも一部として第1の絶縁膜を形成する工程と、

少なくとも前記第1の絶縁膜に不純物を導入する工程と、
を含むことを特徴とした半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記第1の絶縁膜の上層及び下層の少なくとも一方に第2の絶縁膜を形成することを特徴とした請求項9に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 前記第2の絶縁膜は、前記第1の絶縁膜よりも吸湿性の低い膜からなることを特徴とした請求項10に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】 前記第2の絶縁膜は、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜、シリコン酸窒化膜からなるグループより選ばれた少なくとも1つの材料を含むことを特徴とした請求項10に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】 前記第1の絶縁膜として、炭素を1%以上含むシリコン酸化膜材料を用いたことを特徴とする請求項9に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】 前記第1の絶縁膜として、無機SOGを用いたことを特徴とする請求項9に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】 前記不純物を導入する工程は、イオン注入法などのように、不純物に運動エネルギーを与えて前記第1の絶縁膜に導入する工程であることを特徴とした請求項9に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】 前記不純物は、アルゴン、ボロン、窒素、リンからなるグループより選ばれた少なくとも1つの元素を含むことを特徴とした請求項9乃至15のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置及びその製造方法に係り、配線を絶縁保護するパッシベーション膜の構造及びその製法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体デバイスの特性安定化のために、デバイス表面には、配線を絶縁保護するためのパッシベーション膜が形成されている。

このパッシベーション膜には、熱CVD法やプラズマCVD法で形成された絶縁膜が用いられるのが一般的であるが、中でも、耐湿性に優れているという理由から、プラズマCVD法によって形成されたシリコン窒化膜が良く用いられてい

る。

【0003】

しかしながら、このプラズマCVD法で形成されたシリコン窒化膜は、耐湿性に優れてはいるが完全ではなく、微量の水分を通してしまう問題がある。

そこで、シリコン窒化膜の下に、PSG (phospho-silicate glass) 膜を設け、シリコン窒化膜を通して入り込んだ水を吸湿分散させたり、また更に、耐湿性を高めるために、PSG膜の下に更にシリコン窒化膜を設けることが、特開平6-53210号公報に記載されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来例のように、PSG膜自身に水分を吸収させるものにあっては、たとえ水分をPSG膜中に分散させるとはいえ、その水分が配線に悪影響を与える危惧を払拭することはできない。

本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、耐湿性に優れたパッシベーション膜を得て、半導体装置としての信頼性を高めることを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

請求項1の半導体装置は、パッシベーション膜が、不純物を含有した第1の絶縁膜のみからなるものである。

また、請求項2の半導体装置は、前記第1の絶縁膜として、炭素を1%以上含むシリコン酸化膜材料を用いたものである。

【0006】

また、請求項3の半導体装置は、前記第1の絶縁膜として、無機SOGを用いたものである。

また、請求項4の半導体装置は、パッシベーション膜が、炭素を1%以上含むシリコン酸化膜材料からなり且つ不純物を含有した第1の絶縁膜と、この第1の絶縁膜の上層及び下層の少なくとも一方に形成された第2の絶縁膜との積層構造を有するものである。

【0007】

また、請求項5の半導体装置は、パッシベーション膜が、無機SOGからなり且つ不純物を含有した第1の絶縁膜と、この第1の絶縁膜の上層及び下層の少なくとも一方に形成された第2の絶縁膜との積層構造を有するものである。

また、請求項6の半導体装置は、前記第2の絶縁膜が、前記第1の絶縁膜よりも吸湿性の低い膜からなるものである。

【0008】

また、請求項7の半導体装置は、前記第2の絶縁膜が、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜、シリコン酸窒化膜からなるグループより選ばれた少なくとも1つの材料を含むものである。

また、請求項8の半導体装置は、前記不純物が、アルゴン、ボロン、窒素、リンからなるグループより選ばれた少なくとも1つの元素を含むものである。

【0009】

また、請求項9の半導体装置の製造方法は、半導体基板上に配線を形成する工程と、前記配線の上に、配線を絶縁保護するパッシベーション膜の少なくとも一部として第1の絶縁膜を形成する工程と、少なくとも前記第1の絶縁膜に不純物を導入する工程とを含むものである。

また、請求項10の半導体装置の製造方法は、前記第1の絶縁膜の上層及び下層の少なくとも一方に第2の絶縁膜を形成するものである。

【0010】

また、請求項11の半導体装置の製造方法は、前記第2の絶縁膜が、前記第1の絶縁膜よりも吸湿性の低い膜からなるものである。

また、請求項12の半導体装置の製造方法は、前記第2の絶縁膜が、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜、シリコン酸窒化膜からなるグループより選ばれた少なくとも1つの材料を含むものである。

【0011】

また、請求項13の半導体装置の製造方法は、前記第1の絶縁膜として、炭素を1%以上含むシリコン酸化膜材料を用いたものである。

また、請求項14の半導体装置の製造方法は、前記第1の絶縁膜として、無機SOGを用いたものである。

また、請求項15の半導体装置の製造方法は、前記不純物を導入する工程が、イオン注入法などのように、不純物に運動エネルギーを与えて前記第1の絶縁膜に導入する工程であるものである。

【0012】

また、請求項16の半導体装置の製造方法は、前記不純物が、アルゴン、ボロン、窒素、リンからなるグループより選ばれた少なくとも1つの元素を含むものである。

すなわち、炭素を1%以上含むシリコン酸化膜材料などからなる第1の絶縁膜に、不純物を含有させることにより、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且膜が吸水しにくくなる。この第1の絶縁膜をパッシベーション膜として用いることにより、優れた絶縁効果及び耐湿効果を得ることができる。

【0013】

また、第1の絶縁膜として、炭素を1%以上含むシリコン酸化膜材料や無機SiOGを用いることにより、これらの膜は、平坦性に優れているので、パッシベーション膜自身の平坦性がきわめて良好になる。

【0014】

【発明の実施の形態】

(第1実施形態)

本発明を具体化した第1の実施形態の製造方法を図1～図10に従って説明する。

工程1(図1参照)：(100)p型(又はn型)単結晶シリコン基板1の上にゲート絶縁膜2(膜厚：10nm)及びゲート電極3(膜厚：200nm)を形成する。そして、ゲート絶縁膜2及びゲート電極3をマスクとするイオン注入法を用いて基板1にn型(又はp型)不純物をドーピングすることにより、ソース・ドレイン領域4を自己整合的に形成してMOSトランジスタを完成する。

【0015】

工程2(図2参照)：プラズマCVD法を用いて、デバイスの全面にシリコン酸化膜5(膜厚：500nm)を形成する。尚、このプラズマCVD法で用いるガスは、モノシランと亜酸化窒素($\text{SiH}_4 + \text{N}_2\text{O}$)、モノシランと酸素(Si

$\text{H}_4 + \text{O}_2$ ）、TEOS (Tetra-ethoxy-silane) と酸素 ($\text{TEOS} + \text{O}_2$) などであり、成膜温度は300～900℃である。

【0016】

工程3 (図3参照) : シリコン酸化膜5の上に有機SOG膜6を形成する。有機SOG膜6の組成は $[\text{CH}_3\text{Si}(\text{OH})_3]$ で、その膜厚は400nmである。

その形成方法は、まず、前記組成のシリコン化合物のアルコール系溶液 (例えば、IPA+アセトン) を基板1の上に滴下して基板を回転速度: 5400rpmで20秒間回転させ、この溶液の被膜を基板1の上に形成する。このとき、そのアルコール系溶液の被膜は、基板1の上の段差に対して、その凹部には厚く、その凸部には薄く、段差を緩和するように形成される。その結果、アルコール系溶液の被膜の表面は平坦化される。

【0017】

次に、窒素雰囲気中において、100℃で1分間、200℃で1分間、300℃で1分間、22℃で1分間、300℃で30分間、順次熱処理が施されると、アルコール系が蒸発すると共に重合反応が進行して、表面が平坦な有機SOG膜6が形成される。この有機SOG膜6は、炭素を1%以上含むシリコン酸化物である。

【0018】

そして、イオン注入法を用いて、アルゴンイオン (Ar^+) を加速エネルギー: 140keV、ドーズ量: $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ の条件で有機SOG膜6にドーピングすることで、有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及び水酸基を減少させる。その結果、有機SOG膜6は、有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれないSOG膜 (以下、改質SOG膜という) 7に変えられる。工程4 (図4参照) : プラズマCVD法を用いて、改質SOG膜7の上にシリコン酸化膜8 (膜厚: 200nm) を形成する。シリコン酸化膜8の形成条件はシリコン酸化膜5と同じである。

【0019】

工程5 (図5参照) : 四フッ化炭素と水素の混合ガス系をエッチングガスとし

て用いる異方性エッチングを行い、ソース・ドレイン領域4の上の各膜5～8にビアホール9を形成する。

工程6（図6参照）：スパッタ法を用いてビアホール9内を含むデバイスの全面にアルミニウム膜を堆積し、そのアルミニウム膜が所望のパターンになるように異方性エッチングを行って、ソース・ドレイン電極（ソース・ドレイン配線）10を形成する。

【0020】

工程7（図7参照）：デバイスの全面に、シリコン酸化膜12（膜厚200nm）を形成する。次に、このシリコン酸化膜12の上に、有機SOG膜13を形成し、更にこの有機SOG膜13にアルゴンイオンを注入することにより改質SOG膜14（膜厚400nm）を形成する。この有機SOG膜13及び改質SOG膜14の形成方法は、工程3における有機SOG6及び改質SOG膜7と同様である。

【0021】

そして、改質SOG膜14の上に、シリコン酸化膜15（膜厚200～400nm）を形成する。このシリコン酸化膜12、15の形成方法は、工程2におけるシリコン酸化膜5と同様である。

これらシリコン酸化膜12、改質SOG膜14及びシリコン酸化膜15の積層構造からなる膜により、デバイスの表面に、デバイス、特にソース・ドレイン電極10を絶縁保護するためのパッシベーション膜16を形成する。

【0022】

こうして、各シリコン酸化膜12、15で改質SOG膜14を挟んだ構造とすることにより、パッシベーション膜16全体としての絶縁性及び機械的強度を高めることができる。

特に、シリコン酸化膜12が存在することにより、パッシベーション膜16としての絶縁効果が一層強固なものとなる。しかも、シリコン酸化膜12は、改質SOG膜14よりも配線に対する密着性が良いので、パッシベーション膜全体としての密着性が向上する。

【0023】

また、シリコン酸化膜15が存在することにより、パッシベーション膜16としての耐湿効果が一層強固なものとなる。

また、改質SOG膜14自身、段差被覆性に優れているので、配線間隔が狭くても、配線間に容易に充填することができ、更には、平坦性に優れているので、シリコン酸化膜15を容易に被覆させることができる。

【0024】

尚、改質SOG膜14には、有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれないため、図8のように、各シリコン酸化膜12、15を省いて、パッシベーション膜16を改質SOG膜14単層で構成しても良い。この場合、シリコン酸化膜12、15を形成する必要がないぶん、工程数の削減が図れる。

また、有機SOG膜13を完全に改質できないような条件でイオン注入を行う場合などには、図9に示すように、シリコン酸化膜15のみを省いたり、図10に示すように、シリコン酸化膜12のみを省いたりすることもできる。

【0025】

本実施形態によれば、以下の作用及び効果を得ることができる。

(イ) 各シリコン酸化膜5、8で改質SOG膜7が挟まれたサンドイッチ構造が採用されているのは、層間絶縁膜11全体としての絶縁性及び機械的強度を高めるためである。

(ロ) 改質SOG膜7には有機成分が含まれていないため、ビアホール9を形成するためのエッチングを、四フッ化炭素と水素の混合ガス系の雰囲気中で行うことができる。そのため、このエッチングにおいて、エッチングマスクとしてフォトレジストを用いた場合でも、そのフォトレジストが侵されることはなく、そのフォトレジストでマスクされている改質SOG膜7がエッチングされることもない。従って、微細なビアホール9を正確に形成することができる。

【0026】

(ハ) 改質SOG膜7には有機成分が含まれていないため、改質SOG膜7のエッチングレートは各シリコン酸化膜5、8とほとんど同じになる上に、エッチングマスクとして用いたフォトレジストを除去する際のアッシング処理時に改質SOG膜7が収縮することはない。

そのため、改質SOG膜7にクラックが生じることはなく、ビアホール9を形成する際にリセスが発生することはない。従って、ビアホール9内にアルミニウム膜を十分に埋め込むことが可能になり、ソース・ドレイン電極10とソース・ドレイン領域4との間のコンタクトを良好にすることができる。

【0027】

(二) 改質SOG膜7には有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれないため、各シリコン酸化膜5、8を省いて改質SOG膜7を単層で用いることもできる。

(ホ) シリコン酸化膜12、15は、SOG膜ほどではないが、比較的段差被覆性が良いので、狭い金属配線間も容易に被覆できる。

【0028】

(第2実施形態)

本発明を具体化した第2の実施形態の製造方法を図11～図20に従って説明する。尚、本実施形態において、第1実施形態と同じ構成部材については同じ符号を用いその詳細な説明を省略する。

工程(1)(図11参照)：p型(又はn型)単結晶シリコン基板1の上にゲート絶縁膜2、ゲート電極3及びソース・ドレイン領域4を形成してMOSトランジスタを完成する。そして、デバイスの全面に層間絶縁膜21を形成し、ソース・ドレイン領域4上の層間絶縁膜21にコンタクトホール22を形成する。その後、スパッタ法を用いてコンタクトホール22内を含むデバイスの全面にアルミ膜を堆積し、そのアルミ膜が所望のパターンになるように異方性エッチングを行って、ソース・ドレイン電極(ソース・ドレイン配線)10を形成する。

【0029】

工程(2)(図12参照)：デバイスの全面にシリコン酸化膜5を形成する。

工程(3)(図13参照)：シリコン酸化膜5の上に有機SOG膜6を形成した後、イオン注入によって、有機SOG膜6を、改質SOG膜7に変える。

工程(4)(図14参照)：改質SOG膜7の上にシリコン酸化膜8を形成する。

【0030】

工程(5) (図15参照) : 四フッ化炭素と水素の混合ガス系をエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、ソース・ドレイン領域4の上の各膜5～8にビアホール9を形成する。

工程(6) (図16参照) : スパッタ法を用いてビアホール9内を含むデバイスの全面にアルミニウム膜を堆積し、そのアルミ膜が所望のパターンになるように異方性エッチングを行って、配線23を形成する。

【0031】

このように、本第2実施形態では、ソース・ドレイン配線10の上に、層間絶縁膜11を介して配線23を形成する。この場合でも、MOSトランジスタ及びソース・ドレイン配線10に悪影響を与えることなく、第1実施形態と同様の作用、効果を得ることができる。

工程(7) (図17参照) : 第1実施形態の工程7と同様に、デバイスの全面に、シリコン酸化膜12、改質SOG膜14及びシリコン酸化膜15の積層構造からなるパッシベーション膜16を形成する。

【0032】

尚、このパッシベーション膜も、第1実施形態における図8～図10に示した例と同様、改質SOG膜14単層にしたり (図18参照)、シリコン酸化膜15を省いたり (図19参照)、シリコン酸化膜12を省いたり (図20参照) しても良い。

図21～図22は上記第1実施形態や第2実施形態で示したようなNMOSトランジスタの上にシリコン酸化膜8/有機SOG膜6 (改質SOG膜7) /シリコン酸化膜5からなる層間絶縁膜を形成したテストデバイスを用いて、各種実験を行った結果を示している。

【0033】

図21はNMOSトランジスタのホットキャリア寿命 (G_m (相互コンダクタンス) がある一定の割合劣化するまでの時間のこと、トランジスタの寿命を示すパラメータの1つ) のドレイン電圧依存性を示したもので、イオン注入していない有機SOG膜を用いたものに比べ、改質SOG膜7を用いたもの (特に、加速エネルギーを140 keVとしたもの) は、ホットキャリア寿命が約2桁延びるこ

とが分かる。

【0034】

図22及び図23は加速試験（200℃の温度条件下で、テストデバイスのトランジスタに5Vの電圧を2時間印加し続ける試験）の前後におけるしきい値 V_t を示したもので、図22は加速試験前のしきい値 V_t を、図23は加速試験後のしきい値 V_t の変化量をそれぞれ示している。

図22に示すように、加速試験前にあっては、イオン注入していない有機SOG膜を用いたものも改質SOG膜7を用いたものもほとんどしきい値に変化がない。

【0035】

ところが、図23に示すように、イオン注入していない有機SOG膜を用いたもの（未注入）が、試験の前後でしきい値 V_t が大幅に変化するのに対し、改質SOG膜7を用いたもの（特に、加速エネルギーを140keVとしたもの）は、ゲート長に関係なくしきい値 V_t の変化がほとんど見られない。この結果は、MOSトランジスタのしきい値特性が長期にわたり安定することを示している。

【0036】

図24は図23と同様の加速試験の前後におけるトランジスタの G_m の変化量を示したものである。

イオン注入していない有機SOG膜を用いたものが、試験の前後で G_m が大幅に変化するのに対し、改質SOG膜7を用いたもの（特に、加速エネルギーを140keVとしたもの）は、ゲート長に関係なく G_m の変化はほとんど見られない。この結果は、MOSトランジスタの G_m が長期にわたり安定することを示している。

【0037】

尚、図21～図24において、改質SOG膜7を加速エネルギーが20keVの条件で形成したものは、加速エネルギーが140keVの条件で形成したものに比べて、その改善効果はわずかである。これは、図25の通り、加速エネルギー（注入エネルギー）が有機SOG膜の改質深さとほぼ正の相関関係にあり、加速エネルギーが20keVの場合には、有機SOG膜6の表層（約50nm）のみ改

質された ためと考えられる。

【0038】

図26は有機SOG膜6(13)(未処理:unimplanted)及び改質SOG膜7(14)(イオン注入処理:Ar⁺-implanted)のそれぞれに窒素雰囲気中で30分間の熱処理を施し、TDS法(Thermal Desorption Spectroscopy)を用いて評価した結果を示している。尚、イオン注入条件は、加速エネルギー:140keV、ドーズ量: 1×10^{15} atoms/cm²である。

【0039】

この図は、H₂O(m/e=18)に関する脱離量を表したものであり、図から明らかなように、改質SOG膜7(14)はH₂O(m/e=18)に関する脱離が少ないことが分かる。このことは、有機SOG膜6(13)にイオン注入を行って、改質SOG膜7(14)とすることにより、有機SOG膜6(13)に含まれる水分及び水酸基が減少することを示している。

【0040】

図27は有機SOG膜6(13)及び改質SOG膜7(14)の吸湿性を調べる目的で、有機SOG膜6(13)(no treatment)、有機SOG膜6(13)を酸素プラズマに晒したもの(O₂ Plasma)及び改質SOG膜7(14)(Ar⁺)をクリーンルーム内で大気中に放置し、膜中の水分を評価した結果を示している。膜中の水分量は、FT-IR法(Fourier Transform Infrared Spectroscopy)を用いて、赤外吸収スペクトルのO-H基に関する吸収(3500cm⁻¹付近)の面積強度を指標とした。イオン注入条件は、加速エネルギー:140keV、ドーズ量: 1×10^{15} atoms/cm²である。

【0041】

酸素プラズマに晒した場合、処理前後での水分増加だけでなく、1日後でも水分が増加していることが分かる。一方、改質SOG膜7(14)は、イオン注入後に増加していないだけでなく、クリーンルーム内で大気に放置しても、有機SOG膜6(13)に比べて水分の増加は小さい。

即ち、改質SOG膜7(14)は、有機SOG膜6(13)に比べて吸湿性が低いことが分かる。

【0042】

図28は改質SOG膜7(14)及び有機SOG膜6(13)の水分の透過性を調べる目的で、プレッシャー・クッカー試験(PCT)(加湿試験のことで、本実施形態では、条件として、120℃、2気圧の飽和水蒸気雰囲気で行った)した結果を示している。FT-IR法を用いて、有機SOG膜6(13)中のO-Hに関する吸収ピーク(3500 cm^{-1} 付近)の面積強度を求め、PCT時間との関係をプロットした。

【0043】

イオン注入法を用いて表面だけを改質した試料(Ar^+ 20keV)を作製し、膜全体を改質したもの(Ar^+ 140keV)や改質しなかったもの(有機SOG膜6(13):Untreatment)と比較した結果、以下のことが分かった。

(a) 改質していない有機SOG膜6(13)をPCTした場合、3500 cm^{-1} 付近(O-H基に関する)の吸収強度が劇的な増加を示す。

【0044】

(b) 改質SOG膜7(14)では、3500 cm^{-1} 付近(O-H基に関する)の吸収強度の増加は小さい。膜表面だけを改質した試料でも、膜全体を改質したものと同程度である。

以上の結果から、イオンを注入することで、水分の透過性を抑制する層を形成できることが分かる。

【0045】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、以下のように実施しても同様の作用効果を得ることができる。

1) 各シリコン酸化膜5, 8, 12, 15をプラズマCVD法以外の方法(常圧CVD法、減圧CVD法、ECRプラズマCVD法、光励起CVD法、TEOS-CVD法、PVD法など)によって形成されたシリコン酸化膜を用いる。この場合、常圧CVD法で用いられるガスはモノシランと酸素($\text{SiH}_4 + \text{O}_2$)であり、成膜温度は400℃以下である。また、減圧CVD法で用いられるガスはモノシランと亜酸化窒素($\text{SiH}_4 + \text{N}_2\text{O}$)であり、成膜温度は900℃以下である。

【0046】

2) 各シリコン酸化膜5, 8, 12, 15を、水分及び水酸基を遮断する性質に加えて機械的強度が高い性質を持つ他の絶縁膜(シリコン窒化膜、シリコン酸窒化膜、シリケートガラス膜など)に置き代える。その絶縁膜はCVD法やPVD法などどのような方法によって形成してもよい。

特に、シリコン酸化膜12やシリコン酸化膜15に代えて、シリコン窒化膜を用いた場合、シリコン窒化膜は、NaやKなどのアルカリ金属を通さないで、これらがデバイスに与える悪影響を防止することができる。

【0047】

また、シリコン酸化膜12やシリコン酸化膜15に代えて、シリコン酸窒化膜を用いた場合、シリコン酸窒化膜は、NaやKなどのアルカリ金属を通さないで、上記シリコン窒化膜と同様の作用効果を得ることができると共に、シリコン窒化膜よりも、応力に起因するデバイス特性の劣化や配線の信頼性の劣化に対する防止効果が高い。

【0048】

3) ソース・ドレイン電極10および配線23を、アルミ以外の導電材料(銅、金、銀、シリサイド、高融点金属、ドーパドポリシリコン、窒化チタン(TiN)、タングステンチタン(TiW)などの合金)及びそれらの積層構造で形成する。

4) 改質SOG膜7, 14に熱処理を施す。この場合、改質SOG膜中のダングリングボンドが少なくなるため。吸湿性が更に小さくなり、水分の透過も更に少なくなる。

【0049】

5) 有機SOG膜6, 13の組成を無機SOG膜に置き換え、その無機SOG膜にイオン注入を行う。この場合には、無機SOG膜に含まれる水分及び水酸基を減少させることができる。

6) 上記実施形態では、有機SOG膜6, 13に注入するイオンとしてアルゴンイオンを用いたが、結果として有機SOG膜6, 13を改質するものであればどのようなイオンを用いてもよい。

【0050】

具体的には、アルゴンイオン、ボロンイオン、窒素イオン、リンイオンなどの比較的質量が小さいイオンが適している。中でも、ボロンイオンがもっとも適しているが、これら以外にも以下に示すイオンも十分に効果が期待できる。

：アルゴン以外の不活性ガスイオン（ヘリウムイオン、ネオンイオン、クリプトンイオン、キセノンイオン、ラドンイオン）。不活性ガスは有機SOG膜6（13）と反応しないため、イオン注入によって悪影響が生じる恐れが全くない。

【0051】

：ボロン及び窒素以外のIII b, IV b, V b, VI b, VII bの各族の元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。特に、酸素、アルミ、イオウ、塩素、ガリウム、ゲルマニウム、ヒ素、セレン、臭素、アンチモン、ヨウ素、インジウム、スズ、テルル、鉛、ビスマスの元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。

この中で、金属元素イオンについては、イオン注入後の有機SOG膜6（13）の誘電率を低く抑えることができる。

【0052】

：IV a族, V a族の元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。特に、チタン、バナジウム、ニオブ、ハフニウム、タンタルの元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。IV a族, V a族の元素の酸化物は誘電率が高いため、イオン注入後の有機SOG膜6（13）の誘電率も高くなるが、特に低い誘電率の絶縁膜が要求される場合以外には実用上問題ない。

【0053】

：各イオンを複数種類組み合わせる。この場合、各イオンの相乗作用により更に優れた効果を得ることができる。

7) 上記実施形態では、有機SOG膜6（13）にイオンを注入しているが、イオンに限らず、電子、原子、分子、粒子であればよい（本発明ではこれらを総称して不純物と称する）。

【0054】

【発明の効果】

本発明にあっては、耐湿性に優れたパッシベーション膜を得て、半導体装置と

しての信頼性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 2】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 3】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 4】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 5】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 6】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 7】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 8】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 9】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 0】

本発明を具体化した第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 1】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 2】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 3】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 4】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 5】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 6】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 7】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 8】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図 1 9】

本発明を具体化した第 2 の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図

である。

【図20】

本発明を具体化した第2の実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す断面図である。

【図21】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図22】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図23】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図24】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図25】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図26】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図27】

本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図28】

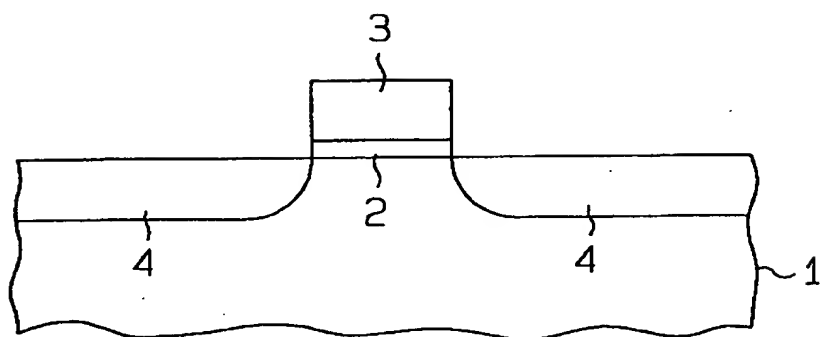
本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【符号の説明】

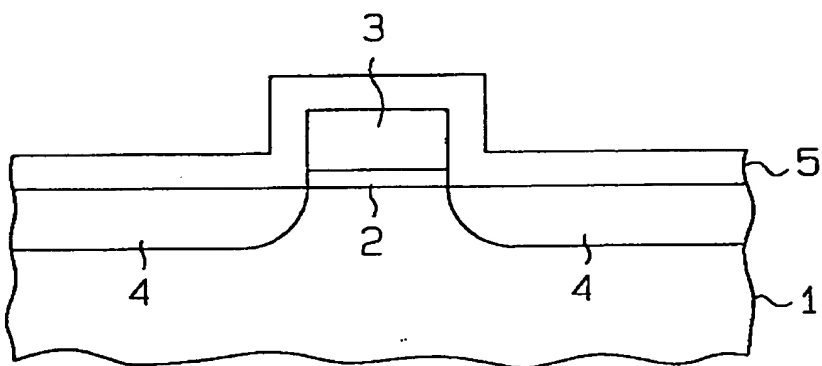
- 1 シリコン基板
- 10 ソース・ドレイン電極（配線）
- 12 シリコン酸化膜（第2の絶縁膜）
- 13 有機SOG膜（第1の絶縁膜）
- 14 改質SOG膜（第1の絶縁膜）
- 15 シリコン酸化膜（第2の絶縁膜）
- 16 パッシベーション膜

【書類名】 図面

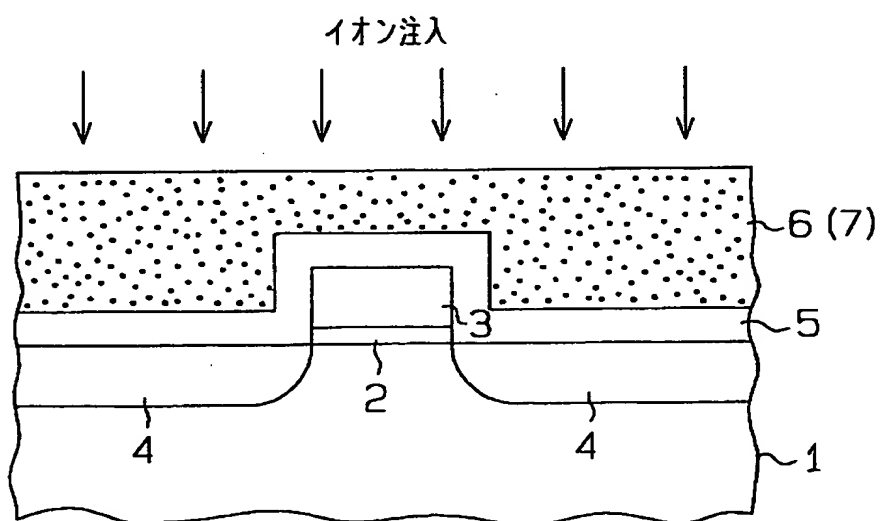
【図1】



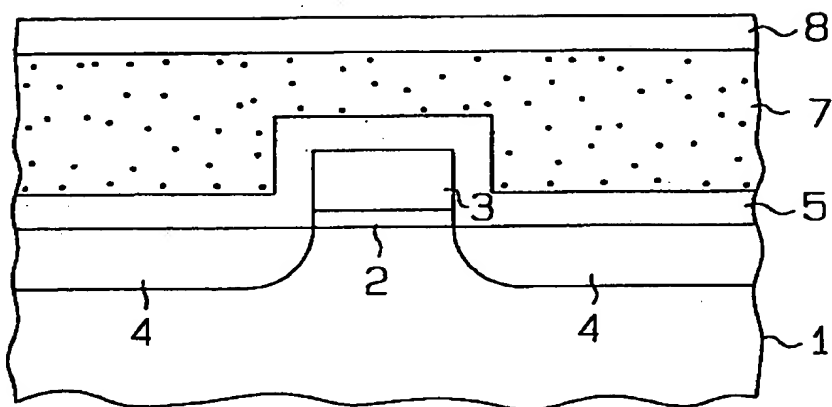
【図2】



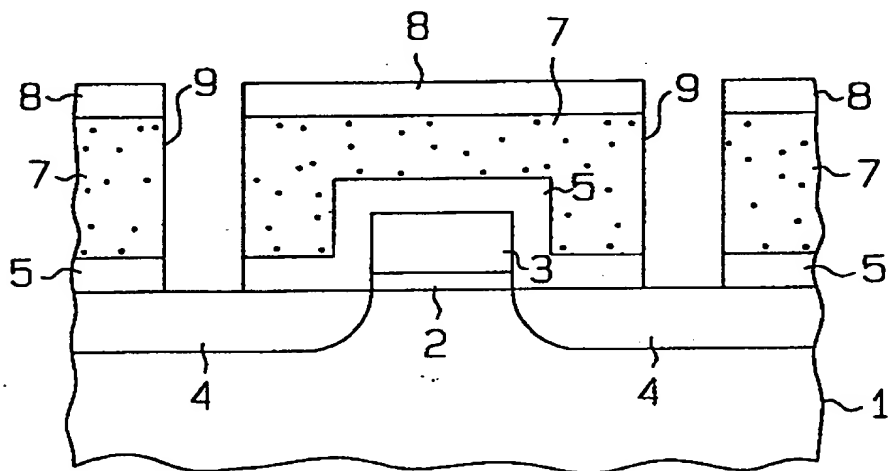
【図3】



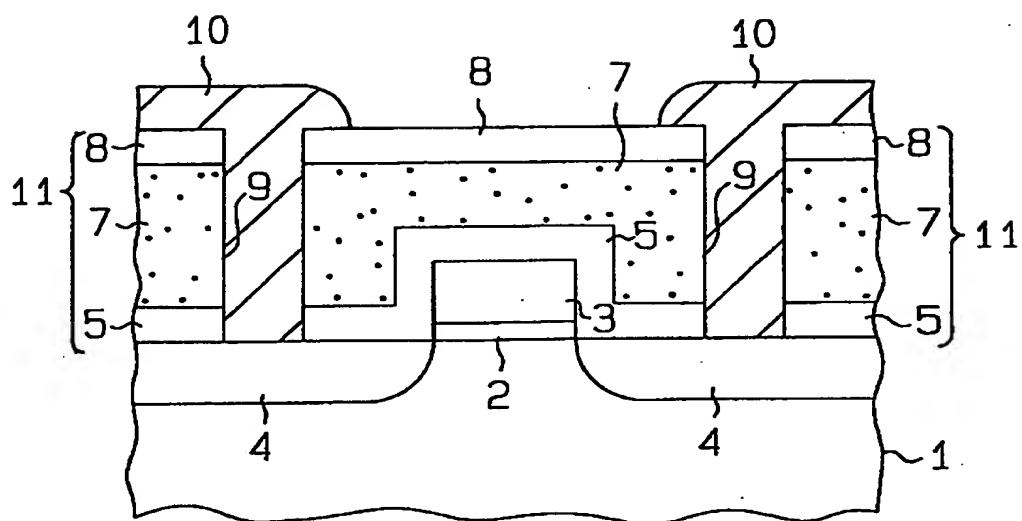
【図4】



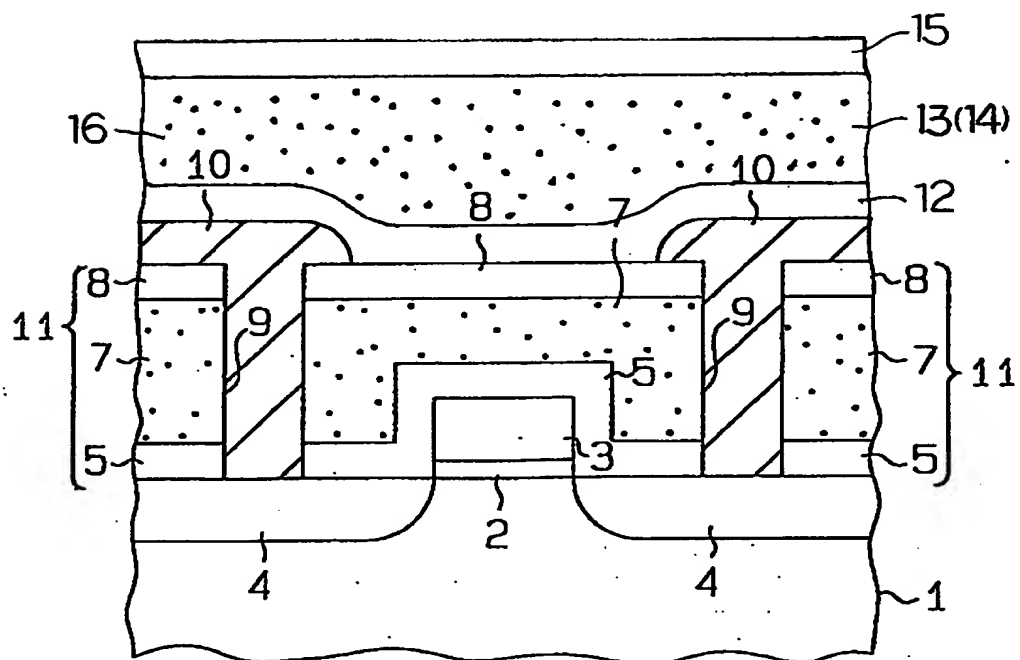
【図5】



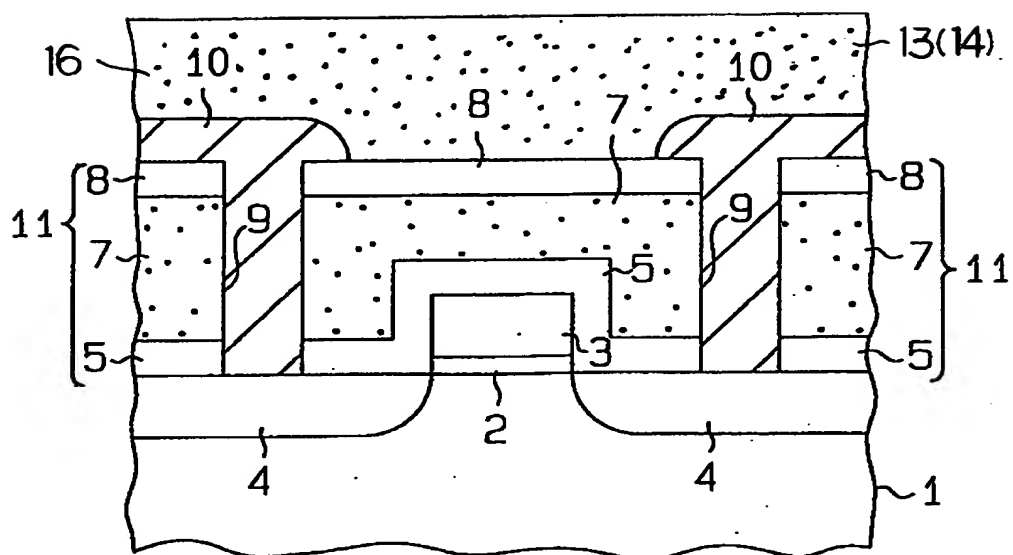
【図6】



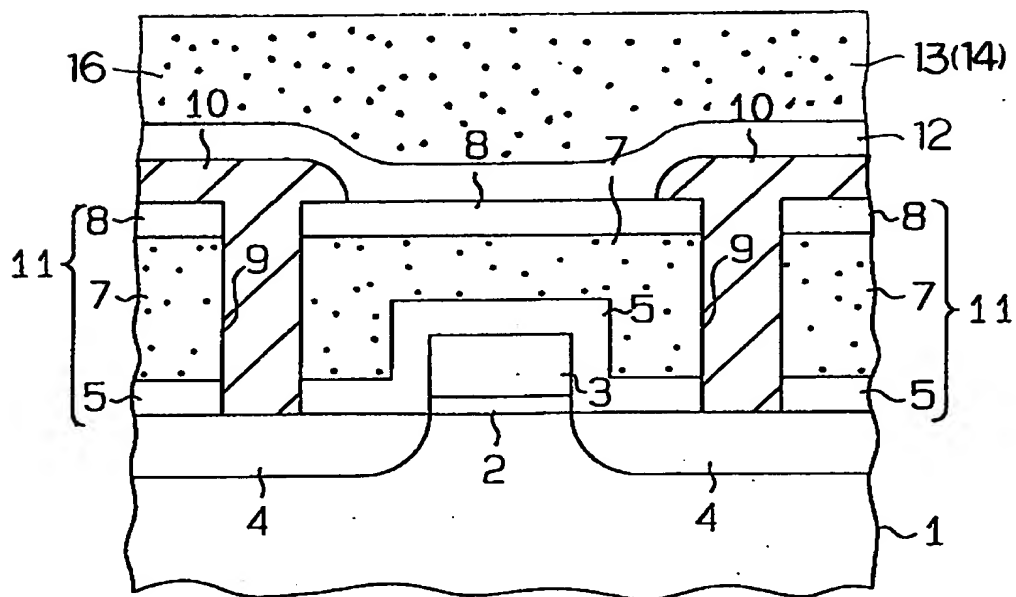
【図7】



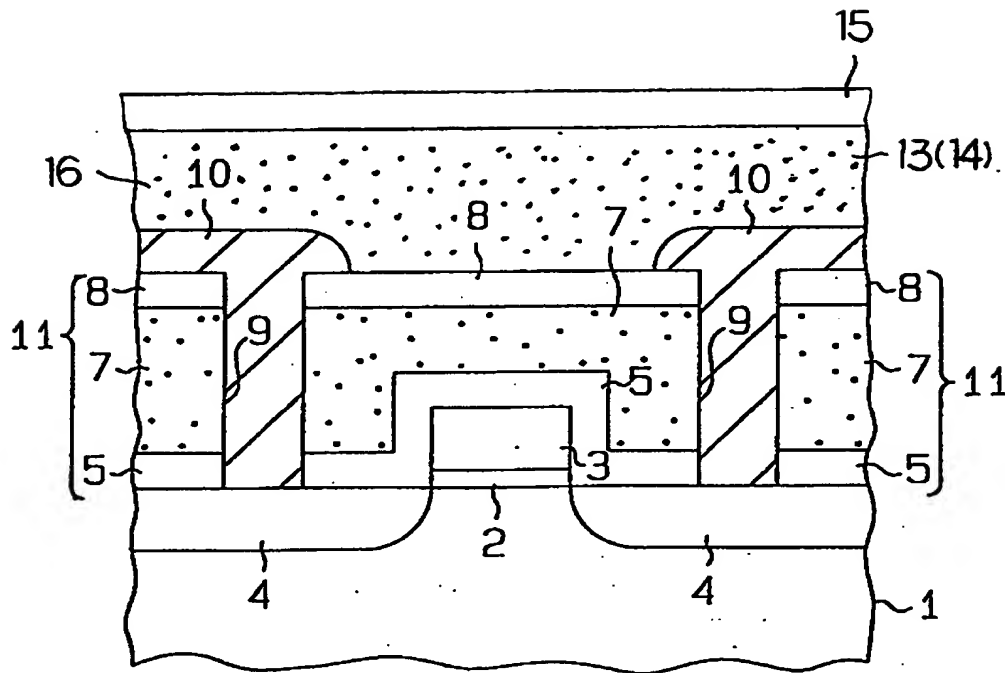
【図8】



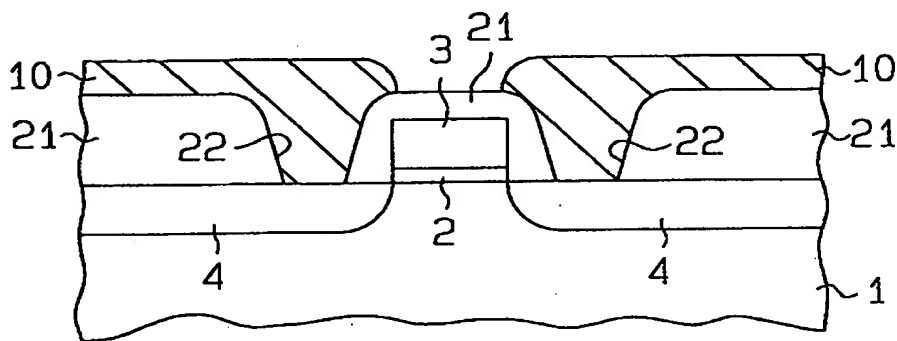
【図9】



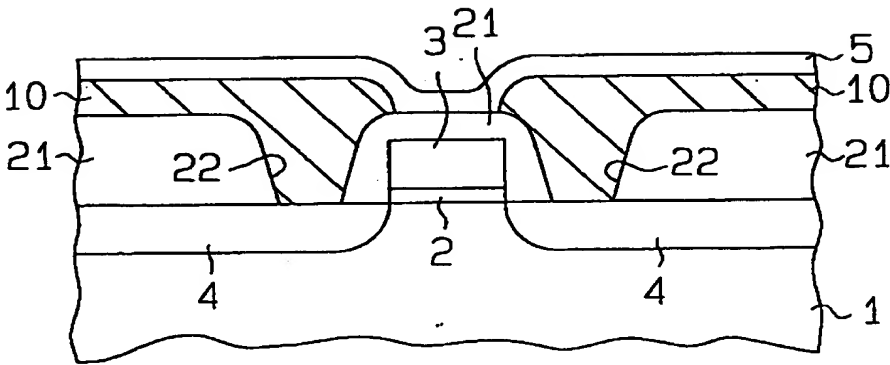
【図10】



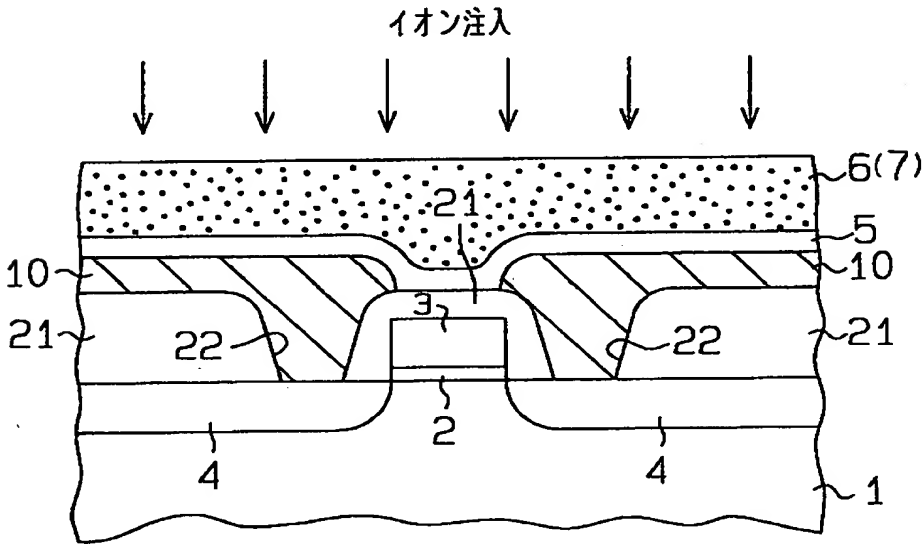
【図11】



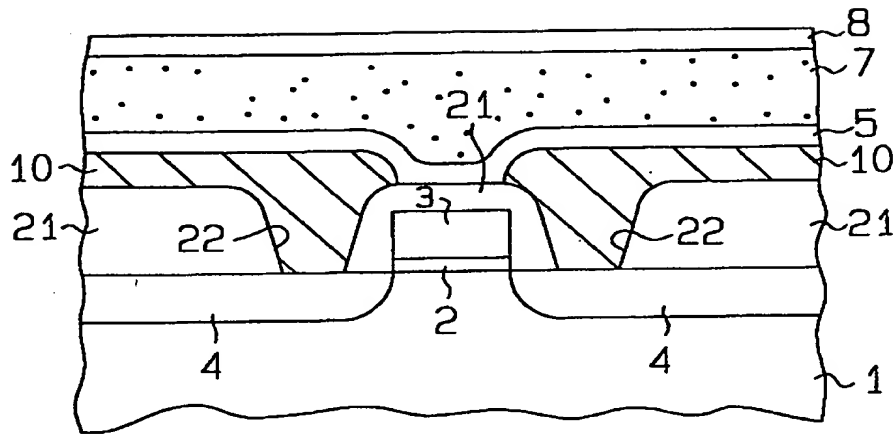
【図12】



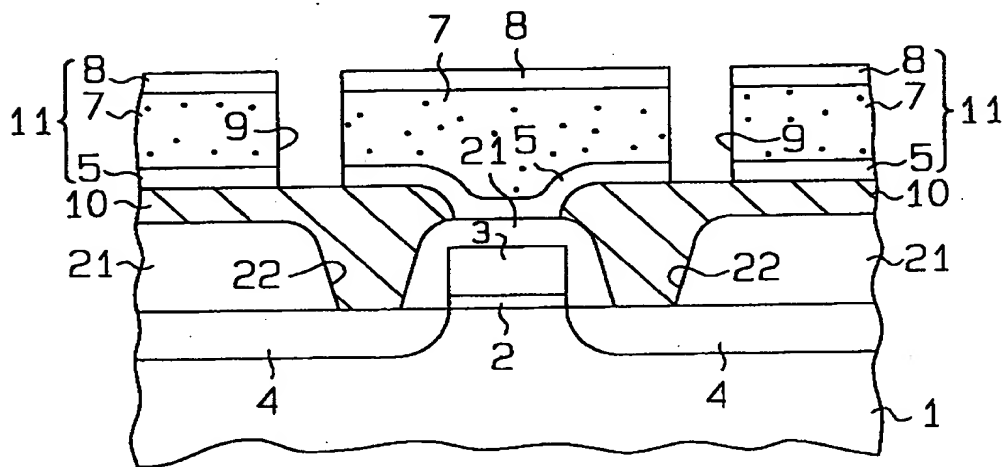
【図13】



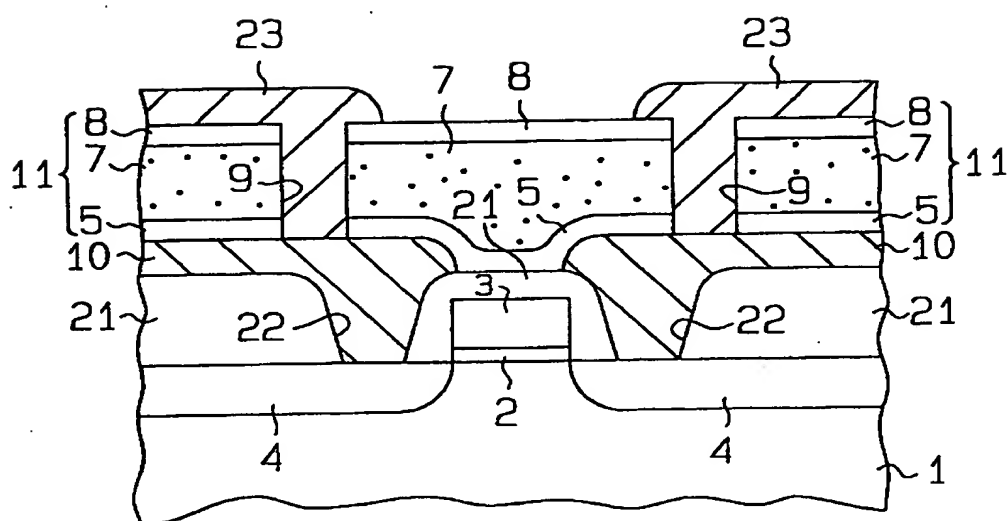
【図14】



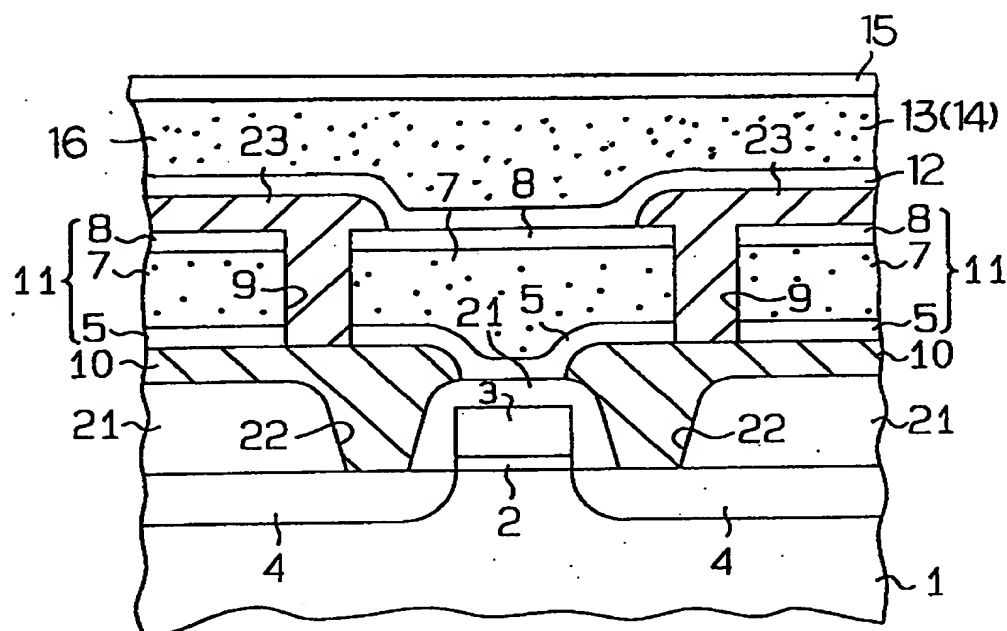
【図15】



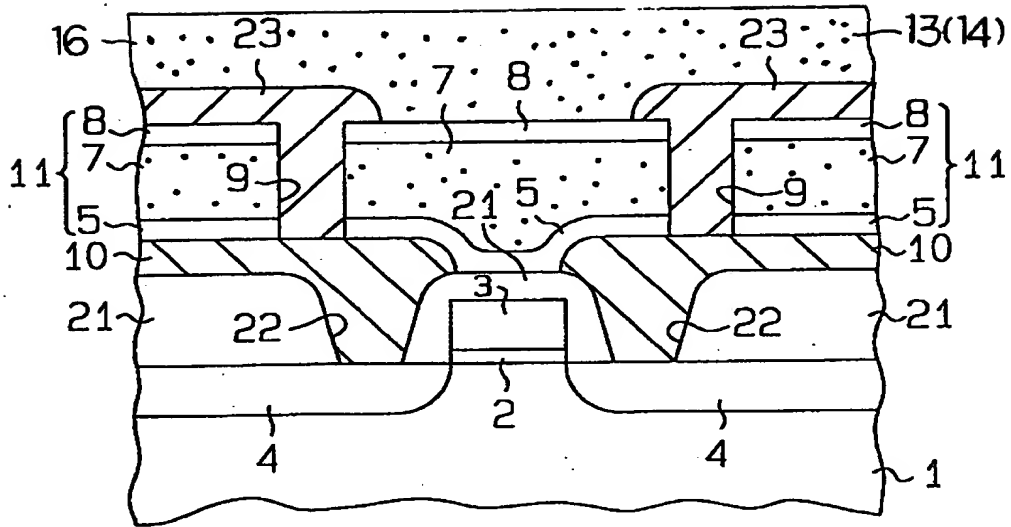
【図16】



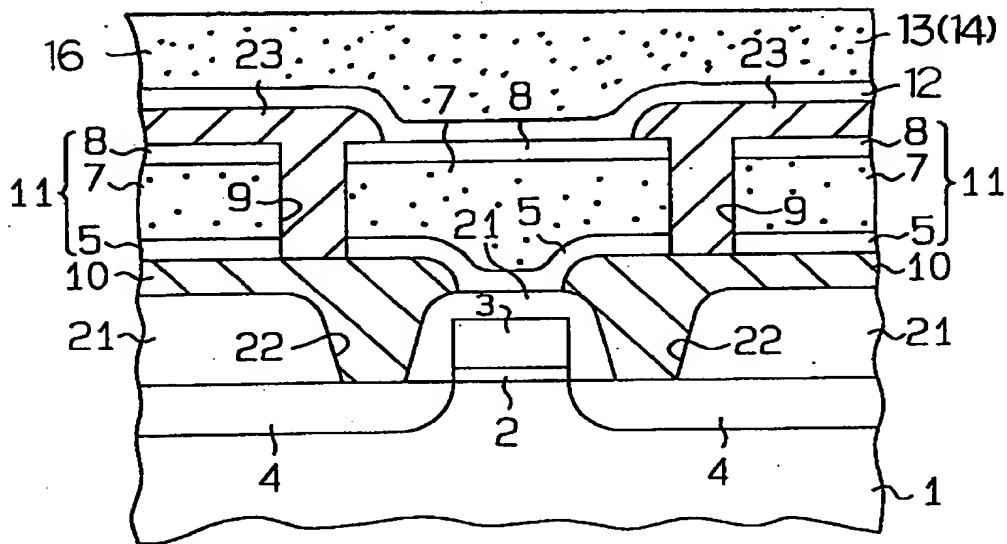
【図17】



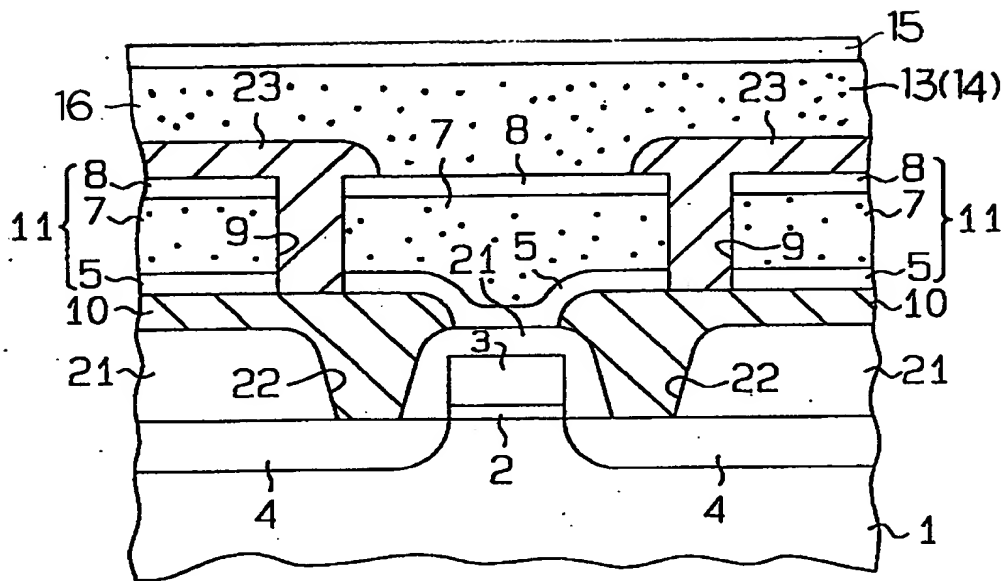
【図18】



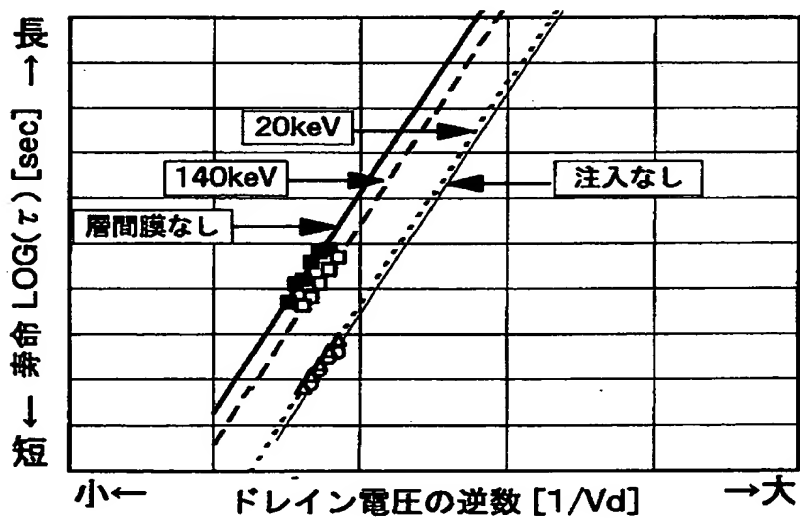
【図19】



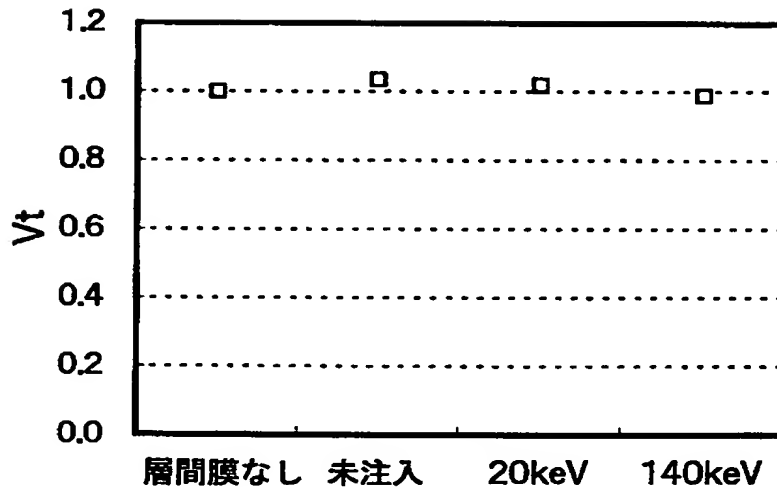
【図 20】



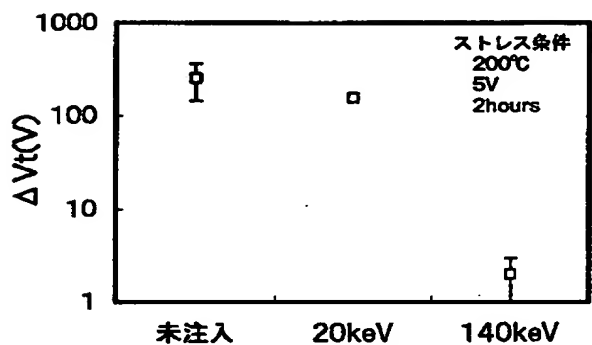
【图 2 1】



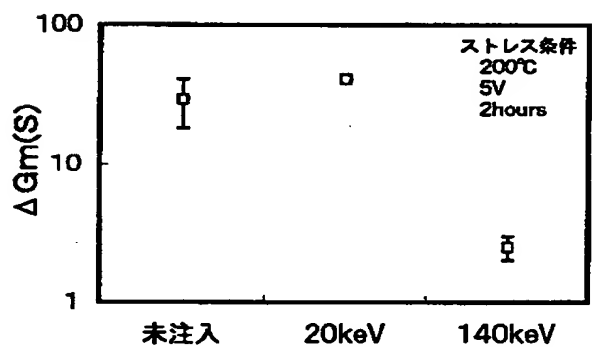
【図 2 2】



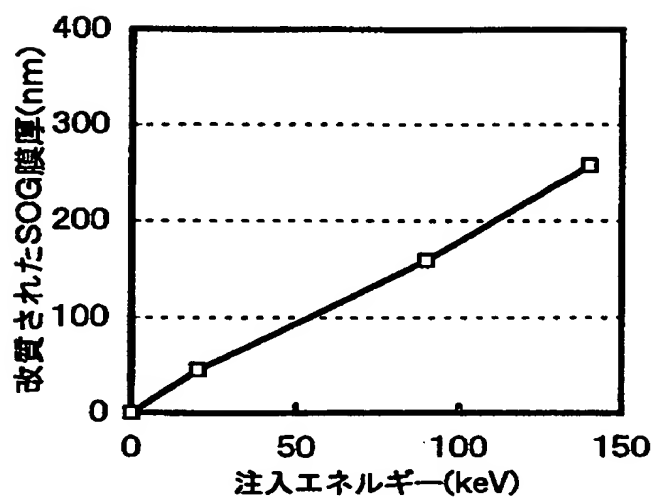
【図 2 3】



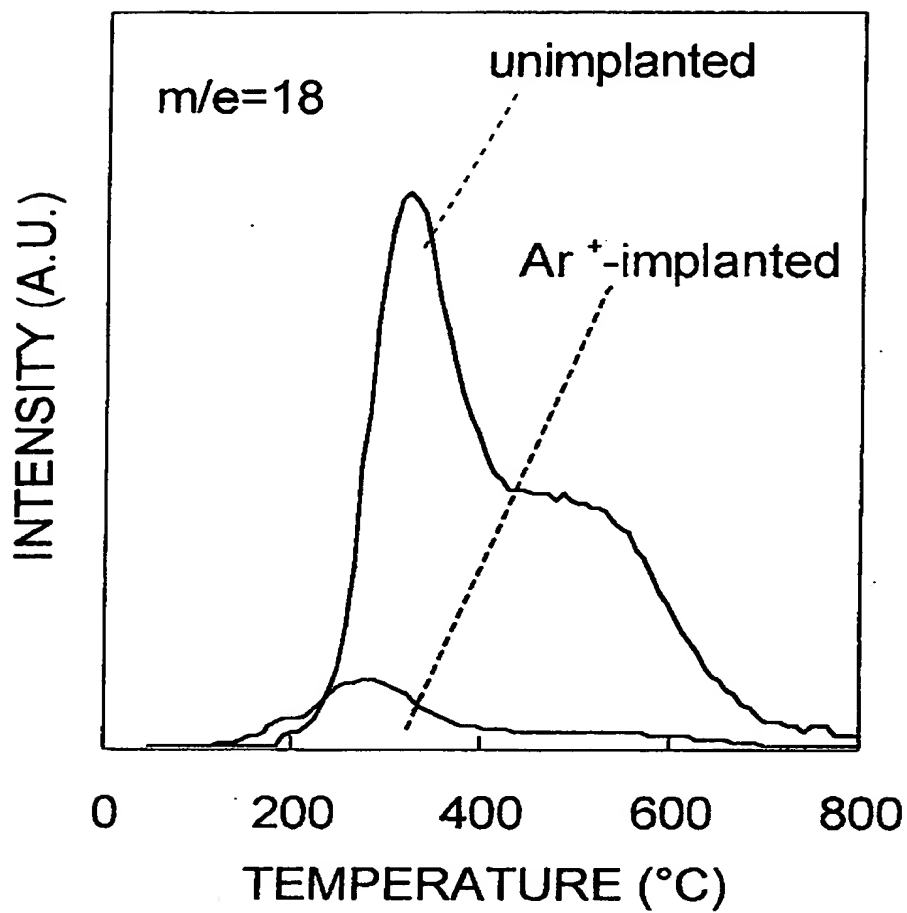
【図 2 4】



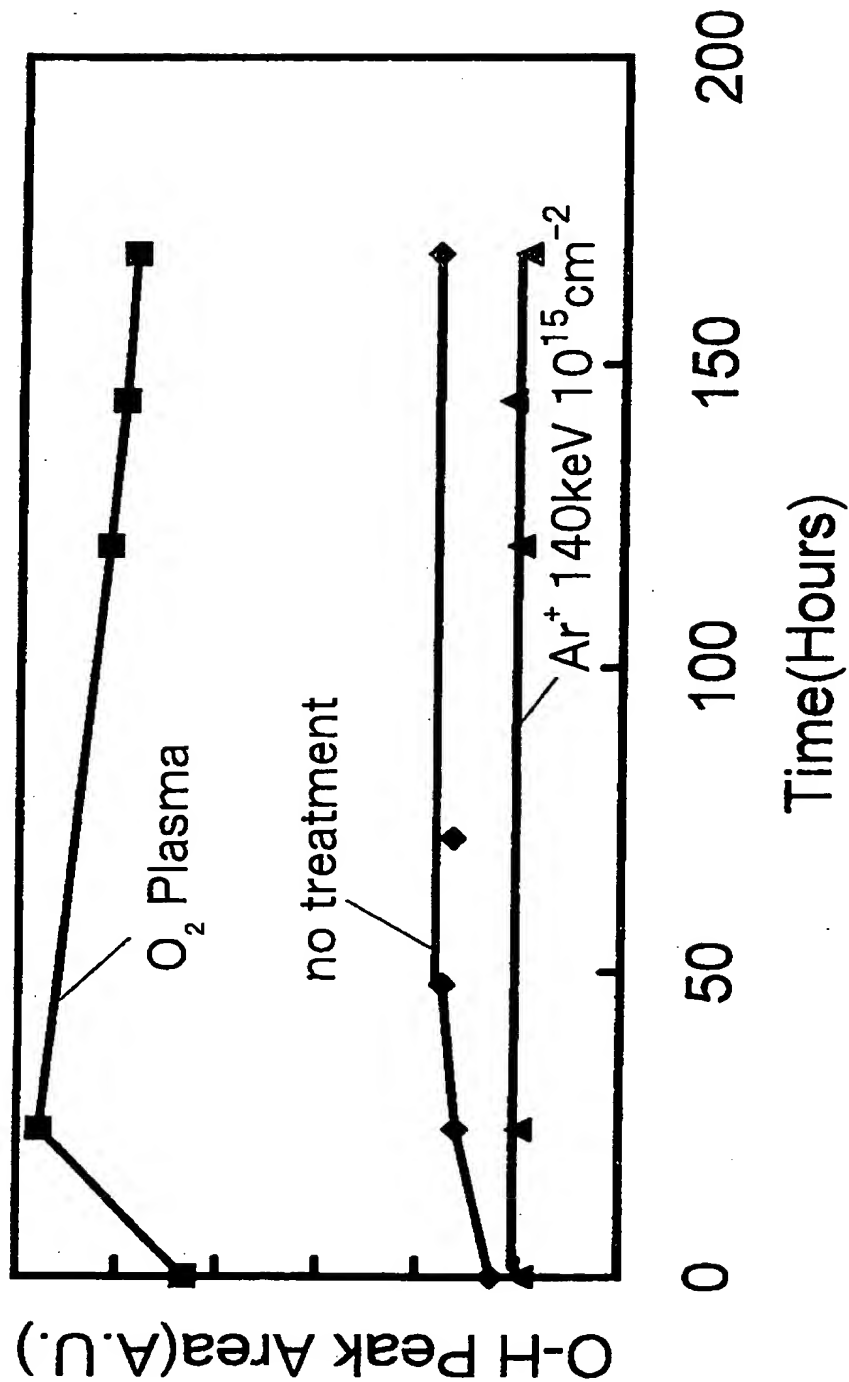
【図 2 5】



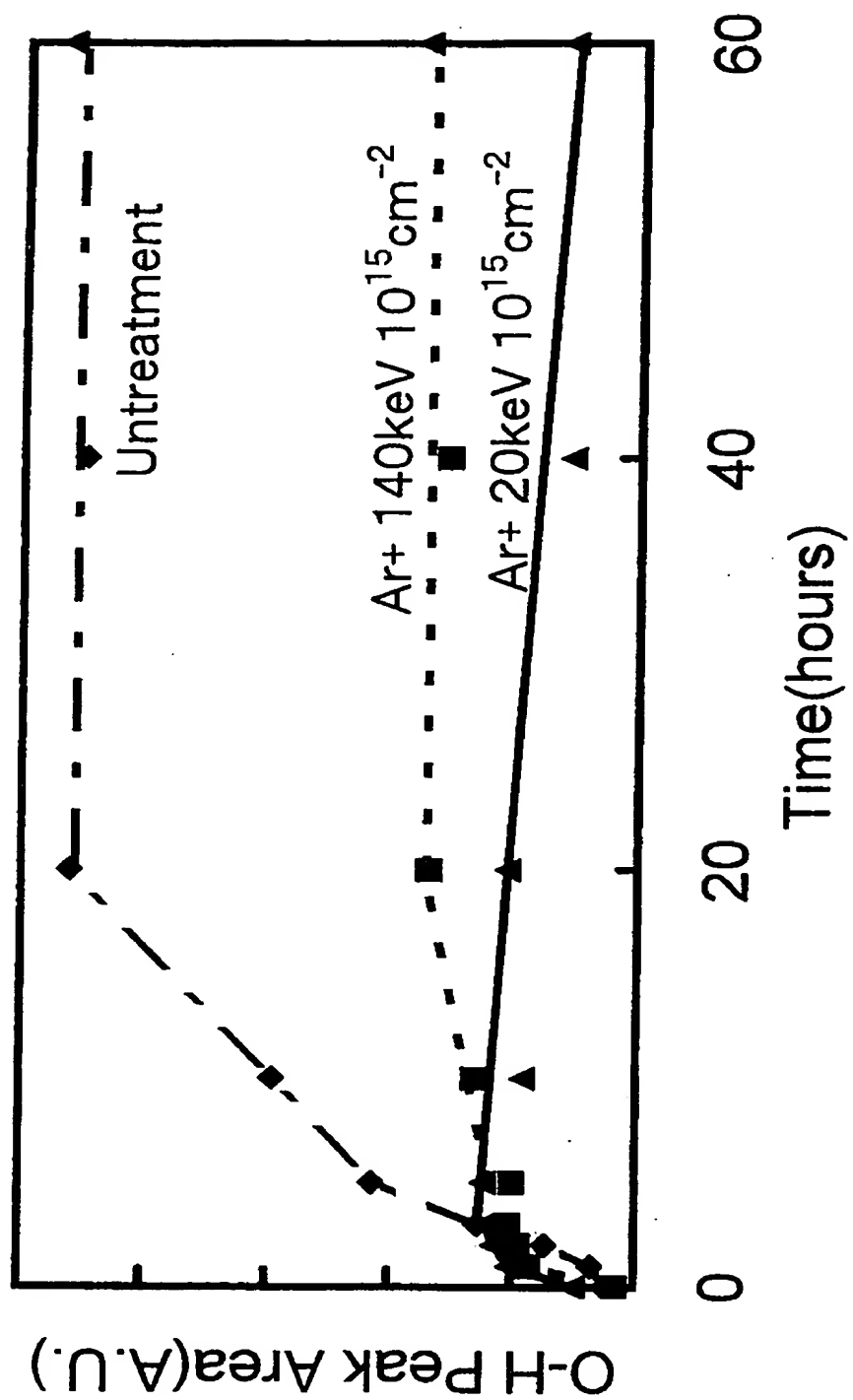
【図 2 6】



【图 2 7】



【図 28】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 耐湿性及び平坦性に優れたパッシベーション膜を得て、半導体装置としての信頼性を高めること。

【解決手段】 Si基板1上に形成したソース・ドレイン電極10の上に、シリコン酸化膜12を形成し、その上に平坦性の良好な有機SOG膜13を形成した後、このSOG膜13にアルゴンイオンを注入して膜中の有機成分を分解させる。こうすることにより、SOG膜が改質されて、膜中に含まれる水分や水酸基が減少しかつSOG膜が吸水しにくくなり、耐湿性及び平坦性に優れたパッシベーション膜16を得ることができる。

【選択図】 図7

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】
【識別番号】 000001889
【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
【氏名又は名称】 三洋電機株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100076794
【住所又は居所】 群馬県邑楽郡大泉町坂田一丁目1番1号 三洋電機
株式会社 情報通信事業本部
【氏名又は名称】 安富 耕二
【選任した代理人】
【識別番号】 100107906
【住所又は居所】 群馬県邑楽郡大泉町坂田一丁目1番1号 三洋電機
株式会社 半導体事業本部 事業推進統括部 知的
財産部
【氏名又は名称】 須藤 克彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

| | |
|----------|-------------------|
| 1. 変更年月日 | 1993年10月20日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 |
| 氏 名 | 三洋電機株式会社 |